

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 8 日
Date of Application:

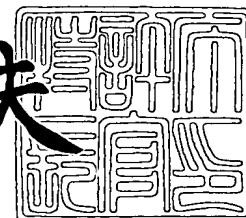
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 9 2 6 5 9
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 9 2 6 5 9]

出 願 人 京セラ株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 3 月 2 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 106711

【提出日】 平成15年 3月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B41J 2/045

【発明者】

【住所又は居所】 京都府相楽郡精華町光台3丁目5番3号 京セラ株式会社中央研究所内

【氏名】 佐武 健一

【特許出願人】

【識別番号】 000006633

【住所又は居所】 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地

【氏名又は名称】 京セラ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100087701

【弁理士】

【氏名又は名称】 稲岡 耕作

【選任した代理人】

【識別番号】 100101328

【弁理士】

【氏名又は名称】 川崎 実夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011028

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電インクジェットヘッドの駆動方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(A) インクが充てんされる加圧室と、
(B) この加圧室に連通したノズル部と、
(C) 圧電素子と、この圧電素子の、駆動電圧波形の印加による変形によって撓んで加圧室の容積を減少させることで、加圧室内のインクを、ノズル部を通してインク滴として吐出させるための振動板とを含む駆動部と、
を備えた圧電インクジェットヘッドを駆動する方法であって、

待機時に、圧電素子に一定の駆動電圧を印加することで加圧室の容積を減少させた状態を維持しておき、

(1) ドット形成直前に駆動電圧を放電することで加圧室の容積を増加させて、ノズル部内のインクメニスカスを加圧室の側へ引き込んだ後、
(2) 再び駆動電圧を印加することで加圧室の容積を減少させてインク滴を吐出させるに際し、

上記(1)の工程における駆動電圧の立ち下がりから、(2)の工程における駆動電圧の立ち上がりまでの、駆動電圧波形のパルス幅 T_3 を、ヘッド内のインクの体積速度の振動波形に乗っている、駆動部の残留振動の周期 T_a の整数倍に設定することを特徴とする圧電インクジェットヘッドの駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、特にプリンター、コピー、ファクシミリ、およびそれらの複合機などに好適に用いる圧電インクジェットヘッドの、新規な駆動方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

例えばオンデマンド型のインクジェットプリンタなどに用いる、圧電素子の電

歪効果を駆動源とする圧電インクジェットヘッドにおいては、当該圧電素子と、圧電素子を支持する振動板とを含む駆動部が、圧電素子が発生する力を加圧室内のインクに圧力として伝えることで、この加圧室に連通するノズル部からインク滴を吐出させるための駆動源としての役割を果たしている。それと同時に駆動部は、加圧室内のインクの圧力を受けることによって振動板が撓むため、ヘッド内のインクの振動に対して弾性体としての役割も持っている。

【0003】

圧電素子に電圧を印加して力を発生させると、ヘッド内のインクは、振動板を介して駆動部から受けた圧力によって振動を起こす。この振動は、駆動部と加圧室とを弾性、加圧室にインクを供給する供給口、加圧室とノズル部とを繋ぐノズル流路、およびノズル部を慣性として発生する。この振動における、ヘッド内のインクの、体積速度の固有振動周期は、上記各部の寸法とインクの物性値、駆動部の寸法と物性値とによって決まる。

【0004】

そして圧電インクジェットヘッドにおいては、かかるインクの振動による、ノズル部内でのインクメニスカスの振動を利用してインク滴を発生させている。

そのため、特許文献1で説明されているように圧電素子に印加する駆動電圧の、駆動電圧波形のパルス幅は、従来、インクの体積速度の固有振動周期に合わせて決定されていた。たとえば引き打ち方式の駆動方法においては、ヘッド内のインクの、体積速度の固有振動周期の1/2倍を基準として、駆動電圧波形のパルス幅を設定してきた。

【0005】

図8は、引き打ち方式の駆動方法において圧電素子に印加する駆動電圧 V_P の駆動電圧波形（太線の一点鎖線で示す）と、かかる駆動電圧波形が与えられた際の、ノズル部におけるインクの体積速度（太線の実線で示す、正がインクの吐出方向）との関係を簡略化して示すグラフである。

図に見るように引き打ち方式の駆動方法では、待機時（図8中の t_1 より以前）には、たとえば横振動モードの圧電素子の場合、印加する駆動電圧 V_P を所定値 V_H に維持（ $V_P = V_H$ ）して圧電素子を面方向に収縮させつづけることによ

って、振動板を、加圧室の容積を減少させた状態を維持するべく撓ませ続けており、この間、ヘッド内のインクは静止状態、すなわちノズル部でのインクの体積速度は0を維持する。

【0006】

ノズル部からインク滴を吐出させて紙面にドットを形成するには、まずその直前の t_1 の時点で、駆動電圧 V_P を所定値 V_H から放電 ($V_P = 0$) させて圧電素子を面方向に伸長させることによって振動板の撓みを解除する。

そうするとノズル部内のインクは、加圧室の容積が増加する分、インクメニスカスが加圧室の側に引き込まれた状態となる。その際の体積速度は、図8の t_1 と t_2 の間の部分に示すように一旦、負の側に大きくなった後、徐々に低下してやがて0に近づく。これは、太線の実線で示すインクの体積速度の固有振動周期 T_1 の、ほぼ半周期分に相当する。

【0007】

そして、ノズル部でのインクの体積速度が限りなく0に近づいた時点で、駆動電圧 V_P を再び所定値 V_H まで充電 ($V_P = V_H$) して圧電素子を面方向に収縮させて振動板を撓ませる。この操作は、太線の一点鎖線で示すように、パルス幅 T_3 が固有振動周期 T_1 の $1/2$ 倍である駆動電圧波形を有する駆動電圧 V_P を、圧電素子に印加していることに相当する。

このとき、ノズル部内のインクは、インクメニスカスが加圧室の側に最も大きく引き込まれた静止状態（体積速度が0の状態）から、逆に正の方向へ戻ろうとする状態であるところに、振動板を撓ませて加圧室の容積を減少させることによって当該加圧室から押し出されたインクが加わることになる。このためインクは、ノズル部の先端から大きく正の側に突出し、その先端からインク滴が分離する。そして分離したインク滴が飛翔して紙面に到達することで、紙面にドットを形成する。

【0008】

また特許文献2では、この引き打ち方式の駆動方法において、圧電素子と振動板とを含む駆動部の残留振動を抑えるために、駆動電圧波形の立ち下がり時の時定数を駆動部の固有振動周期の0.9倍以上、立ち上がり時の時定数を駆動部の

固有振動周期の 0.9 倍から 1.2 倍にするのが好ましいとしている。

【0009】

【特許文献 1】

特開平 2-192947 号公報（第 3 頁左上欄第 19 行～同頁右上欄第 6 行、第 3 頁右上欄第 14 行～同頁左下欄第 2 行、第 16 図(b)）

【特許文献 2】

特開平 5-318731 号公報（請求項 3、4、第 0035 欄）

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

圧電インクジェットヘッドにおいて、駆動部の固有振動の周期は、駆動電圧波形のパルス幅に比して数十分の 1 から数分の 1 という小さな値である。しかし図 9 に示したように、インク滴形成時の、インクの体積速度の振動に、上記の固有振動が残留振動として乗ってしまう。

そのため、駆動部の残留振動を抑えるべく特許文献 2 では、前記のように駆動電圧波形の立ち下がり時の時定数を駆動部の固有振動周期の 0.9 倍以上、立ち上がり時の時定数を駆動部の固有振動周期の 0.9 倍から 1.2 倍にするとしている。

【0011】

確かに、立ち下がり／立ち上がりの時定数を大きくすることで駆動部の残留振動を抑えることはできる。

しかし、立ち下がり／立ち上がりの時定数を大きくすると、インク滴の飛翔速度が低下してしまう。とりわけ特許文献 2 では縦振動モードの圧電素子を使っているために駆動部の固有振動周期が小さいが、横振動モードの圧電素子の場合は駆動部の固有振動周期が大きいため、駆動電圧波形の立ち下がり／立ち上がりの時定数を駆動部の固有振動周期と同じくらいに長くすると、インク滴の飛翔速度が著しく低下してしまう。

【0012】

本発明の目的は、インク滴の飛翔速度の低下を抑制しつつ、駆動部の残留振動を確実に抑えることができる、新規な圧電インクジェットヘッドの駆動方法を提

供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段および発明の効果】

上記課題を解決するため、発明者は、引き打ち方式の駆動方法において、駆動電圧波形の立ち下がり／立ち上がりのパルス幅と、駆動部の残留振動との関係についてさらに詳細に検討した。

その結果、駆動電圧波形のパルス幅 T_3 を、ヘッド内のインクの体積速度の振動波形に乗っている、駆動部の残留振動の周期 T_a の整数倍に設定するのが、駆動部の残留振動を抑制するために有効であることを見出した。

【0014】

すなわち駆動電圧波形のパルス幅 T_3 を、上記周期 T_a の整数倍に設定すると、駆動電圧波形が立ち下がることによって生じた駆動部の残留振動が半周期の偶数倍、すなわち全周期の整数倍の振動を終了した時点で、駆動電圧波形が立ち上がることによって、当該駆動部に逆の位相の振動が発生することになるため、両振動の打ち消し合いにより、それ以降の駆動部の残留振動を抑えることができる。

【0015】

このため、インク滴の飛翔速度を低下させる、駆動電圧波形の立ち下がり／立ち上がりの時定数を大きくする操作をすることなしに、駆動部の残留振動を確実に抑えることが可能となる。

したがって請求項1記載の発明は、

- (A) インクが充てんされる加圧室と、
 - (B) この加圧室に連通したノズル部と、
 - (C) 圧電素子と、この圧電素子の、駆動電圧波形の印加による変形によって撓んで加圧室の容積を減少させることで、加圧室内のインクを、ノズル部を通してインク滴として吐出させるための振動板とを含む駆動部と、
- を備えた圧電インクジェットヘッドを駆動する方法であって、

待機時に、圧電素子に一定の駆動電圧を印加することで加圧室の容積を減少させた状態を維持しておき、

(1) ドット形成直前に駆動電圧を放電することで加圧室の容積を増加させて、ノズル部内のインクメニスカスを加圧室の側へ引き込んだ後、

(2) 再び駆動電圧を印加することで加圧室の容積を減少させてインク滴を吐出させるに際し、

上記(1)の工程における駆動電圧の立ち下がりから、(2)の工程における駆動電圧の立ち上がりまでの、駆動電圧波形のパルス幅 T_3 を、ヘッド内のインクの体積速度の振動波形に乗っている、駆動部の残留振動の周期 T_a の整数倍に設定することを特徴とする圧電インクジェットヘッドの駆動方法である。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明を説明する。

図1は、本発明の駆動方法を実施するための圧電インクジェットヘッドの一例において、圧電素子と振動板とを含む駆動部を取り付ける前の状態を示す平面図である。

図の例の圧電インクジェットヘッドは、1枚の基板1上に、加圧室2とそれに連通するノズル部3とを含むドット形成部を複数個、配列したものである。

【0017】

また図2(a)は、上記例の圧電インクジェットヘッドにおいて、駆動部を取り付けた状態での、1つのドット形成部を拡大して示す断面図、図2(b)は1つのドット形成部を構成する各部の重なり状態を示す透視図である。

各ドット形成部のノズル部3は、図1に白矢印で示す主走査方向に複数列並んでいる。図の例では4列に並んでおり、同一列内のドット形成部間のピッチは90 dpiであって、圧電インクジェットヘッドの全体として360 dpiを実現している。

【0018】

各ドット形成部は、基板1の、図2(a)において上面側に形成した、矩形状の中央部の両端に半円形の端部を接続した平面形状を有する加圧室2と、上記基板1の下面側の、加圧室2の一端側の端部の、半円の中心と重なる位置に形成したノズル部3とを、上記端部の半円と同径の、断面円形のノズル流路4で繋ぐとと

もに、上記加圧室 2 の他端側の端部の、半円の中心と重なる位置に形成した供給口 5 を介して、加圧室 2 を、基板 1 内に、各ドット形成部を繋ぐように形成した共通供給路 6 (図 1 に破線で示す) に繋ぐことで構成してある。

【0019】

また上記各部は、図の例では、加圧室 2 を形成した第 1 基板 1 a と、ノズル流路 4 の上部 4 a と供給口 5 とを形成した第 2 基板 1 b と、ノズル流路 4 の下部 4 b と共通供給路 6 とを形成した第 3 基板 1 c と、ノズル部 3 を形成した第 4 基板 1 d とを、この順に積層、一体化することで形成してある。

また第 1 基板 1 a と第 2 基板 1 b には、図 1 に示すように、第 3 基板 1 c に形成した共通供給路 6 を、基板 1 の上面側で、図示していないインクカートリッジからの配管と接続するためのジョイント部 11 を構成するための通孔 11 a を形成してある。

【0020】

さらに各基板 1 a ~ 1 d は、例えば樹脂や金属などからなり、フォトリソグラフィ法を利用したエッチングなどによって上記各部となる通孔を設けた、所定の厚みを有する板体にて形成してある。

基板 1 の上面側には、当該基板 1 と同じ大きさを有する 1 枚の振動板 7 と、少なくとも各ドット形成部を覆う大きさを有する 1 枚の薄膜状の共通電極 8 と、図 1 中に一点鎖線で示すように各ドット形成部の加圧室 2 の中央部と重なる位置に個別に設けた、略矩形状の平面形状を有する横振動モードの薄板状の圧電素子 9 と、各圧電素子 9 上に形成した、同じ平面形状を有する個別電極 10 とを、この順に積層することで駆動部を構成してある。

【0021】

なお圧電素子 9 を、いくつかのドット形成部の加圧室 2 にまたがる大きさに一体形成して、個別電極 10 のみ、図 1 中に一点鎖線で示すように各ドット形成部の加圧室 2 の中央部と重なる位置に個別に設けてもよい。

上記のうち振動板 7 は、例えばモリブデン、タングステン、タンタル、チタン、白金、鉄、ニッケルなどの単体金属や、これら金属の合金、あるいはステンレス鋼などの金属材料にて、所定の厚みを有する板状に形成してある。また振動板

7には、先の基板1の通孔11aとともにジョイント部11を構成する通孔11bを形成してある。

【0022】

共通電極8、個別電極10は、ともに金、銀、白金、銅、アルミニウムなどの導電性に優れた金属の箔や、これらの金属からなるめっき被膜、真空蒸着被膜などで形成してある。なお振動板7を、例えば白金などの導電性の高い金属で形成して共通電極8を省略してもよい。

圧電素子9を形成する圧電材料としては、例えばジルコン酸チタン酸鉛(PZT)や、当該PZTにランタン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガンなどの酸化物の1種または2種以上を添加したもの、例えばPLZTなどの、PZT系の圧電材料を挙げることができる。また、マグネシウムニオブ酸鉛(PMN)、ニッケルニオブ酸鉛(PNN)、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウムなどを主要成分とするものを挙げることができる。

【0023】

薄板状の圧電素子9は、従来と同様にして形成することができる。

例えば上記の圧電材料を焼結して形成した焼結体を薄板状に研磨した所定の平面形状を有するチップを、共通電極8上の所定の位置に接着、固定したり、いわゆるゾルーゲル法(またはMOD法)によって、共通電極8上に、圧電材料のもとになる有機金属化合物から形成したペーストを所定の平面形状に印刷し、乾燥、仮焼成、焼成の工程を経て形成したり、あるいは共通電極8上に、反応性スパッタリング法、反応性真空蒸着法、反応性イオンプレーティング法などの気相成長法によって、圧電材料の薄膜を所定の平面形状に形成したりすることによって、圧電素子9を形成することができる。

【0024】

圧電素子9を横振動モードとするためには、圧電材料の分極方向を、当該圧電素子9の厚み方向、より詳しくは個別電極10から共通電極8に向かう方向に配向させる。そのためには、例えば高温分極法、室温分極法、交流電界重畳法、電界冷却法などの従来公知の分極法を採用することができる。また、分極後の圧電

素子 9 をエー징ング処理してもよい。

圧電材料の分極方向を上記の方向に配向させた圧電素子 9 は、共通電極 8 を接地した状態で、個別電極 10 から正の駆動電圧 V_p を印加することによって、分極方向と直交する面内で収縮する。しかし圧電素子 9 は、共通電極 8 を介して振動板 7 に固定されているため、結果的に、圧電素子 9 と振動板 7 とが加圧室方向に撓むことになる。

【0025】

このため、撓みが発生する際の力が加圧室 2 内のインクに圧力変化として伝えられ、この圧力変化によって、供給口 5、加圧室 2、ノズル流路 4、およびノズル部 3 内のインクが振動を起こす。そして振動の速度が、結果的にノズル部 3 の外に向かうことによって、ノズル部 3 内のインクメニスカスが外部へと押し出されて、前記のようにインク柱が形成される。

インク柱は、やがて振動の速度がノズル部内方向に向かうことによってノズル部 3 内のインクメニスカスに吸収されるが、その際、前記のようにインク柱の先端部が切り離されて、インク滴となって紙面の方向に飛翔して、紙面にドットを形成する。

【0026】

インク滴が飛翔して減少した分のインクは、ノズル部 3 内のインクメニスカスの表面張力によって、インクカートリッジから、当該インクカートリッジの配管、ジョイント部 11、共通供給路 6、供給口 5、加圧室 2、およびノズル流路 4 を介してノズル部 3 に再充てんされる。

個別電極 10 を介して圧電素子 9 に印加する駆動電圧波形は、この例では、図 3 の回路を使って発生させる。

【0027】

図の回路は、電源線 12 a と接地 12 b との間に第 1 トランジスタ TR_1 、抵抗 R_1 、 R_2 および第 2 トランジスタ TR_2 を直列に繋いで第 1 回路 12 c を形成し、かつこの第 1 回路 12 c の抵抗 R_1 、 R_2 間から分岐させて抵抗 R_3 、個別電極 10、圧電素子 9 および共通電極 8 を介して接地 12 d に至る第 2 回路 12 e を形成するとともに、両トランジスタ TR_1 、 TR_2 のベースにそれぞれコ

ントロール電圧 V_C を印加するための端子 12f を接続したものである。圧電素子 9 は、等価的にコンデンサとして機能する。

【0028】

上記回路は、圧電インクジェットヘッドの待機時、すなわち図 4 (a) の t_1 より以前の状態では、端子 12f から両トランジスタ TR_1 、 TR_2 のベースにコントロール電圧 V_{C1} を印加した状態とされる。この状態では、第 1 トランジスタ TR_1 のエミッターコレクタ間が ON、第 2 トランジスタ TR_2 のコレクターエミッタ間が OFF となるため、電源線 12a から、第 1 トランジスタ TR_1 、抵抗 R_1 、 R_3 、個別電極 10 を介して圧電素子 9 に、図 4 (b) に示すように、当該電源線 12a の電源電圧値（前記所定値） V_H に相当する駆動電圧 V_P が継続的に印加される（ $V_P = V_H$ ）。このため圧電素子 9 は分極方向と直交する面内で収縮しつつ、それにとまって圧電素子 9 と振動板 7 とが加圧室 2 の方向に撓んだ状態を維持する。

【0029】

引き打ち方式の駆動方法においてドットを形成するに際しては、前述したドット形成の直前の t_1 の時点で、図 4 (a) に示すように、端子 12f から両トランジスタ TR_1 、 TR_2 のベースに印加していたコントロール電圧 V_C を停止する。

そうすると、第 1 トランジスタ TR_1 のエミッターコレクタ間が OFF、第 2 トランジスタ TR_2 のコレクターエミッタ間が ON となるため、圧電素子 9 に印加されていた駆動電圧 V_P が、抵抗 R_3 、 R_2 および第 2 トランジスタ TR_2 を介して接地 12b に放電される。

【0030】

次に、前述した t_2 の時点で、図 4 (a) に示すように、端子 12f から両トランジスタ TR_1 、 TR_2 のベースに再びコントロール電圧 V_{C1} を印加する。

そうすると、第 1 トランジスタ TR_1 のエミッターコレクタ間が ON、第 2 トランジスタ TR_2 のコレクターエミッタ間が OFF となるため、電源線 12a から、第 1 トランジスタ TR_1 、抵抗 R_1 、 R_3 、個別電極 10 を介して圧電素子 9 に再び充電が開始される。

【0031】

本発明では、先に説明したように駆動電圧の立ち下がり t_1 から立ち上がり t_2 までの、駆動電圧波形のパルス幅 T_3 を、ヘッド内のインクの体積速度の振動波形に乗っている、振動板 7、共通電極 8、圧電素子 9 および個別電極 10 にて構成される駆動部の、残留振動の周期 T_a の整数倍に設定する。これにより、インク滴の飛翔速度の低下を抑制しつつ、駆動部の残留振動を確実に抑えることが可能となる。

【0032】

つまり前記のように、駆動電圧波形を立ち下げることによって生じた駆動部の残留振動が半周期の偶数倍、すなわち全周期の整数倍の振動を終了した時点で駆動電圧波形を立ち上げると、当該駆動部には、残留振動と逆の位相の振動が発生し、両振動の打ち消し合いにより、それ以降の駆動部の残留振動を抑えることができる。

ところが、駆動部の残留振動が半周期の奇数倍の振動を終了した時点で駆動電圧波形を立ち上げると、当該駆動部には、残留振動と同じ位相の振動が発生することになるため、両振動が増幅しあって、それ以降の駆動部の残留振動をさらに拡大してしまう。

【0033】

よってヘッド内のインクの体積速度の固有振動に乗っている駆動部の残留振動を抑えるためには、駆動電圧波形の立ち上がりのタイミングを規定するパルス幅 T_3 を、上記残留振動の周期 T_a の半分の偶数倍、つまり全周期の整数倍に設定すればよいのである。

なお、前述した引き打ち方式の駆動方法におけるインク滴吐出のメカニズムを考慮すると、駆動電圧波形のパルス幅 T_3 は、ヘッド内のインクの、体積速度の固有振動周期 T_1 の $1/2$ 倍を基準として設定する必要がある。このことから、駆動電圧波形のパルス幅 T_3 は、体積速度の固有振動周期 T_1 の $1/2$ 倍に最も近似し、なおかつ駆動部の残留振動の周期 T_a の整数倍に設定するのが好ましい。

【0034】

ここで言う駆動部の残留振動の周期 T_a とは、下記のようにして求められる、ヘッド内にインクがある状態での振動周期である。

すなわち駆動部は、それ自体の弾性と慣性のみで決まる、ヘッド内にインクがない状態での固有振動角周波数 ω_{a0} を有している。かかる固有振動角周波数 ω_{a0} は、駆動部の音響容量の逆数で表される復元力 $1/C_a$ とイナータンス M_a とから、式(i)：

$$\omega_{a0}^2 = (1/C_a) / M_a \quad (i)$$

で求められる。そしてここから、ヘッド内にインクがない状態での、駆動部の固有振動周期 T_{a0} が、式(ii)：

【0035】

【数1】

$$T_{a0} = 2\pi \sqrt{M_a \times C_a} \quad (ii)$$

【0036】

によって求められる。ちなみにこの固有振動周期 T_{a0} は、実際的には、ヘッド内にインクがない状態で、個別電極 10 と共通電極 8 とにインピーダンスアナライザを接続し、周波数掃引を行ってインピーダンスを測定した結果から導き出すことができる。すなわちインピーダンス値が最小となる角周波数が固有振動角周波数 ω_{a0} であり、そのときの周期が固有振動周期 T_{a0} に相当する。

ところが、前述したヘッド内のインクの体積速度の振動波形に乗っている、駆動部の残留振動の実際の周期 T_a は、固有振動周期 T_{a0} よりも小さい値になる。これは、駆動部自体の弾性ととともに、加圧室 2 の音響容量の逆数で表される、加圧室内のインクの圧縮性 $1/C_c$ が、駆動部に復元力として加わるためである。

【0037】

よってヘッド内にインクがある状態での、駆動部の残留振動の角周波数 ω_a は、式(iii)：

$$\omega_a^2 = (1/C_a + 1/C_c) / M_a \quad (iii)$$

で求められる。そしてここから、ヘッド内にインクがある状態で、ヘッド内のイ

インクの体積速度の振動波形に乗っている、駆動部の残留振動の周期 T_a が、式(i v) :

【0038】

【数2】

$$T_a = 2\pi \sqrt{M_a \times C_a \times C_c / (C_a + C_c)} \quad (\text{iv})$$

【0039】

によって求められる。ちなみにこの残留振動の周期 T_a は、実際的には、ヘッド内にインクがある状態で、前記と同様にインピーダンスアナライザを用いてインピーダンスを測定した結果から導き出すことができる。すなわちインピーダンス値が最小となる角周波数が残留振動の角周波数 ω_a であり、そのときの周期が残留振動の周期 T_a に相当する。

また、残留振動の周期 T_a と、先の固有振動周期 T_{a0} とは、式(ii)(iv)から、式(v) :

【0040】

【数3】

$$T_a = T_{a0} / \sqrt{1 + C_a / C_c} \quad (\text{v})$$

【0041】

の関係にあるので、先の測定によって固有振動周期 T_{a0} が既知であれば、この式から、計算によって T_a を導き出すこともできる。

このとき駆動部の音響容量 C_a [m^5/N] は、式(vi) :

$$C_a = \delta V / P \quad (\text{vi})$$

[式中の P は駆動部に加えた圧力 [N/m^2]、 δV は駆動部の体積変化量 [m^3] である。]

で求められる。また加圧室2の音響容量 C_c [m^5/N] は、式(vii) :

$$C_c = V / \kappa \quad (\text{vii})$$

[式中の V は加圧室2の体積 [m^3]、 κ はインクの体積弾性率 [N/m^2] である。]

で求められる。

【0042】

【実施例】

以下に本発明を、実施例に基づいて説明する。

圧電インクジェットヘッドの作製

図1および図2(a)(b)に示す構造を有し、なおかつ加圧室2の面積が 0.2 m^2 、幅が $200\text{ }\mu\text{m}$ 、深さが $100\text{ }\mu\text{m}$ 、ノズル部3の直径が $25\text{ }\mu\text{m}$ 、長さが $30\text{ }\mu\text{m}$ 、ノズル流路4の直径が $200\text{ }\mu\text{m}$ 、長さが $800\text{ }\mu\text{m}$ 、供給口5の直径が $25\text{ }\mu\text{m}$ 、長さが $30\text{ }\mu\text{m}$ である圧電インクジェットヘッドを作製した。

【0043】

駆動部の固有振動周期 T_{a0} を、前述したインピーダンスアナライザを用いた方法で求めたところ $1.26\text{ }\mu\text{sec}$ であった。また駆動部の音響容量 $C_a = 20 \times 10^{-21} [\text{m}^5/\text{N}]$ 、加圧室2の音響容量 $C_c = 23 \times 10^{-21} [\text{m}^5/\text{N}]$ であったことから、前記式(v)の計算によって求めた、ヘッド内のインクの体積速度の振動波形に乗っている、駆動部の残留振動の周期 T_a は $0.92\text{ }\mu\text{sec}$ であった。

【0044】

印刷品質の観察

実施例で作製した圧電インクジェットヘッドを引き打ち方式の駆動方法で駆動することとし、図4(b)に示す駆動電圧波形を有し、かつ駆動電圧 V_p の所定値 V_H が 20 V である駆動電圧を、パルス幅 T_3 を $3.22\text{ }\mu\text{sec}$ から $4.60\text{ }\mu\text{sec}$ の間（上記周期 T_a の3.5倍～5倍の間）で、 $0.46\text{ }\mu\text{sec}$ 間隔で振った状態で印加して紙面に印刷した際の、印刷品質の良否を観察した。

【0045】

結果を表1に示す。なお印刷品質の評価は下記のとおりとした。

○：チリ等のない良好な印刷が得られた。

×：印刷にチリ等がみられた。

【0046】

【表 1】

パルス幅 T_3 [μsec]	T_3/T_a	画 質
3.22	3.5	×
3.68	4	○
4.14	4.5	×
4.60	5	○

【0047】

表の結果から、パルス幅 T_3 を、ヘッド内のインクの体積速度の振動波形に乗っている、駆動部の残留振動の周期 T_a の半周期の奇数倍に設定したときは、印刷にチリ等が発生したが、パルス幅 T_3 を周期 T_a の半周期の偶数倍、つまり全周期の整数倍に設定したときは、チリ等のない良好な印刷をできることが判った。

電気等価回路の作成

実施例で作製した圧電インクジェットヘッドについて、各部を集中定数で近似して、図5に示す音響系の電気等価回路を作成した。

【0048】

図の電気等価回路において駆動部は、等価的に音響容量 C_a とイナータンス M_a と音響抵抗 R_a で表すことができ、加圧室2は音響容量 C_c で表すことができる。

また供給口5は、イナータンス M_s と音響抵抗 R_s で表すことができるとともに、ノズル部3のインクメニスカスの液面と、図示しないインクカートリッジ内のインクの液面との高低差に基づく水頭圧が作用している。

【0049】

さらにノズル部3は、イナータンス M_n と音響抵抗 R_n で表すことができるとともに、当該ノズル部3のインクメニスカスの表面張力が作用している。

上記の電気等価回路においては、駆動部に駆動電圧 V_p を印加して圧を発生させると、ノズル部3に、図中に矢印で示す方向のインクの流れが発生する。そしてその体積速度を、この回路の過渡応答解析を行うことによって求めることができる。

【0050】**駆動部の残留振動の検討**

つぎに、実施例で作製した圧電インクジェットヘッドに、前記と同様に図4(b)に示す駆動電圧波形を有し、かつ駆動電圧 V_P の所定値 V_H が20Vである駆動電圧を、パルス幅 T_3 を3.22 μsec から4.60 μsec の間で、0.46 μsec 間隔で振った状態で印加した際の、インクの、体積速度の振動をシミュレートしたところ、図6(a)(b)、図7(a)(b)に示す結果が得られた。

【0051】

この結果から、パルス幅 T_3 を、ヘッド内のインクの体積速度の振動波形に乗っている、駆動部の残留振動の周期 T_a の半周期の奇数倍に設定したときは、図6(a)、図7(a)に示すように、駆動電圧波形を立ち上げることによって残留振動が却って拡大されるが、パルス幅 T_3 を上記周期 T_a の半周期の偶数倍、つまり全周期の整数倍に設定したときは、図6(b)、図7(b)に示すように、駆動電圧波形を立ち上げることによって、体積速度の振動に乗っている駆動部の残留振動を抑制できることが判った。

【0052】**結論**

以上の結果から、駆動部の残留振動を抑えるためには、駆動電圧波形のパルス幅 T_3 を、ヘッド内のインクの体積速度の振動波形に乗っている、駆動部の残留振動の周期 T_a の半周期の偶数倍、すなわち全周期の整数倍に設定すればよいことが確認された。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明の駆動方法を実施するための、圧電インクジェットヘッドの一例における、圧電素子と振動板とを含む駆動部を取り付ける前の状態を示す平面図である。

【図2】

同図(a)は、図1の例の圧電インクジェットヘッドにおいて、駆動部を取り付けた状態での、1つのドット形成部を拡大して示す断面図、同図(b)は、1つの

ドット形成部を構成する各部の重なり状態を示す透視図である。

【図 3】

上記圧電インクジェットヘッドを駆動して、本発明の駆動方法を実施するための駆動回路の一例を示す回路図である。

【図 4】

同図(a)は、図 3 の駆動回路の端子に入力するコントロール電圧の電圧波形を示すグラフ、同図(b)は、上記コントロール電圧の入力によって駆動回路に発生させて、圧電素子に与える駆動電圧波形を示すグラフである。

【図 5】

本発明の、実施例で作製した圧電インクジェットヘッドを構成する各部を集中定数で近似して作成した音響系の電気等価回路を示す回路図である。

【図 6】

同図(a) (b)はそれぞれ、本発明の、実施例で作製した圧電インクジェットヘッドに、パルス幅を所定値に設定した駆動電圧波形を印加した際の、インクの、体積速度の振動をシミュレートした結果を示すグラフである。

【図 7】

同図(a) (b)はそれぞれ、本発明の、実施例で作製した圧電インクジェットヘッドに、パルス幅を所定値に設定した駆動電圧波形を印加した際の、インクの、体積速度の振動をシミュレートした結果を示すグラフである。

【図 8】

引き打ち方式の駆動方法において圧電素子に印加する駆動電圧 V_p の駆動電圧波形と、かかる駆動電圧波形が与えられた際の、ノズル部におけるインクの体積速度との関係を簡略化して示すグラフである。

【図 9】

従来の圧電インクジェットヘッドにおいて、ノズル部におけるインクの体積速度の振動に、駆動部の固有振動が、残留振動として乗っている状態を示すグラフである。

【符号の説明】

2 加圧室

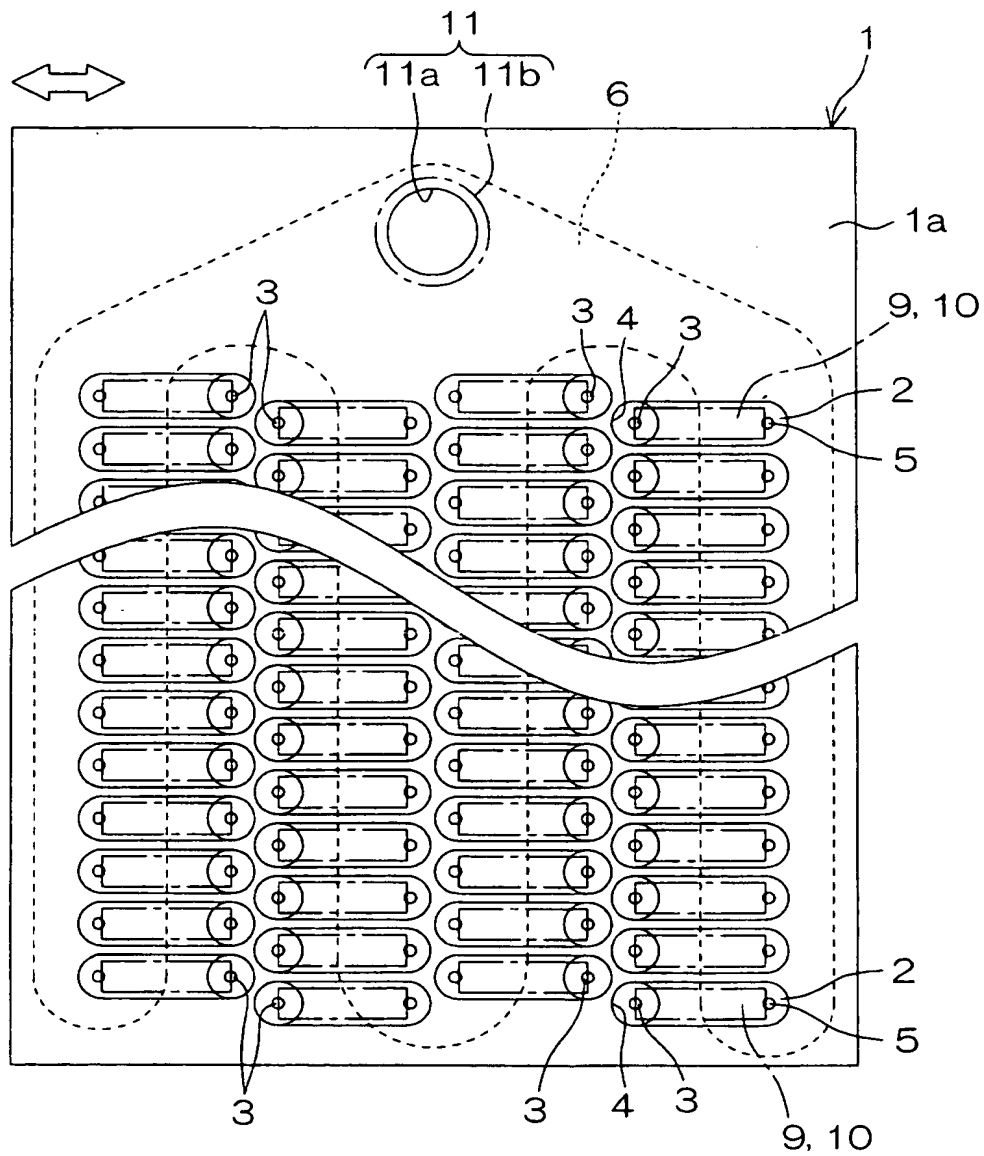
3 ノズル部

7 振動板

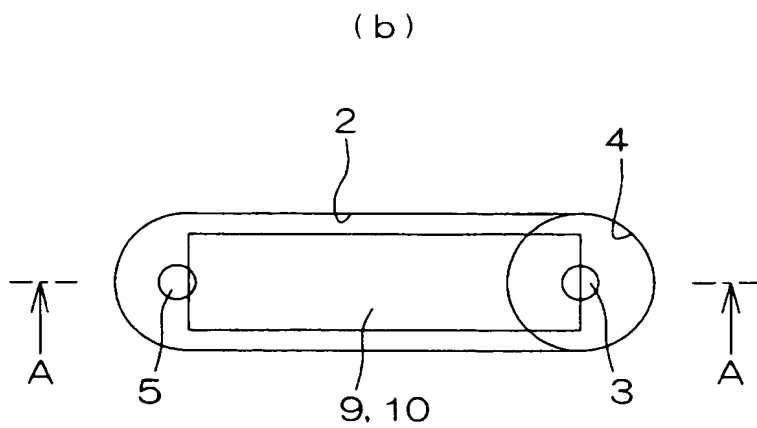
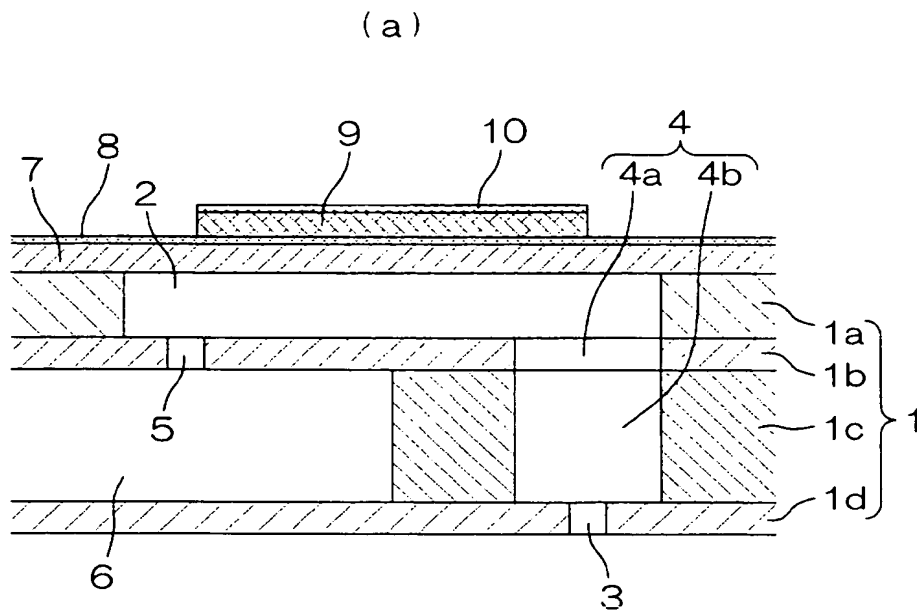
9 圧電素子

【書類名】 図面

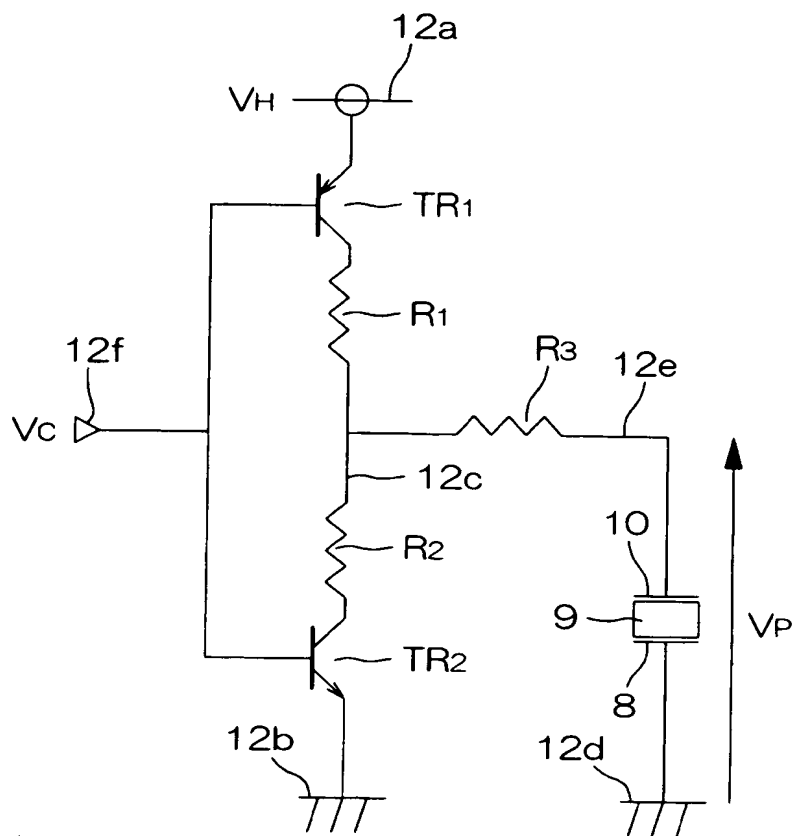
【図 1】



【図 2】

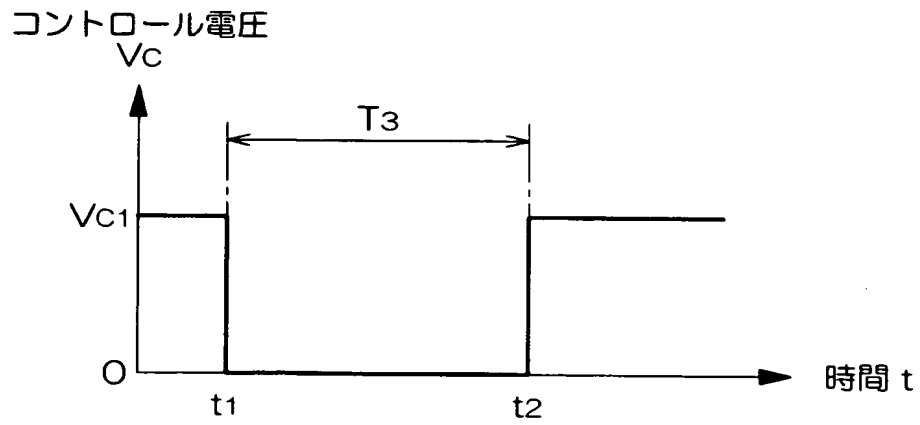


【図 3】

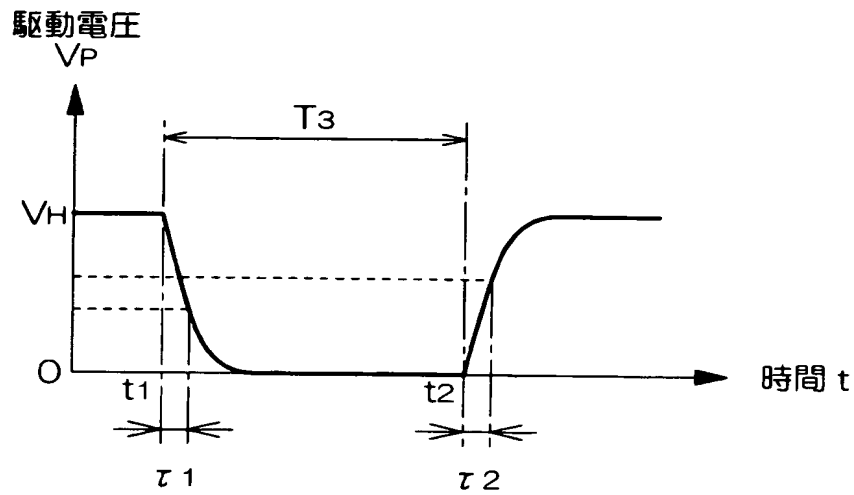


【図 4】

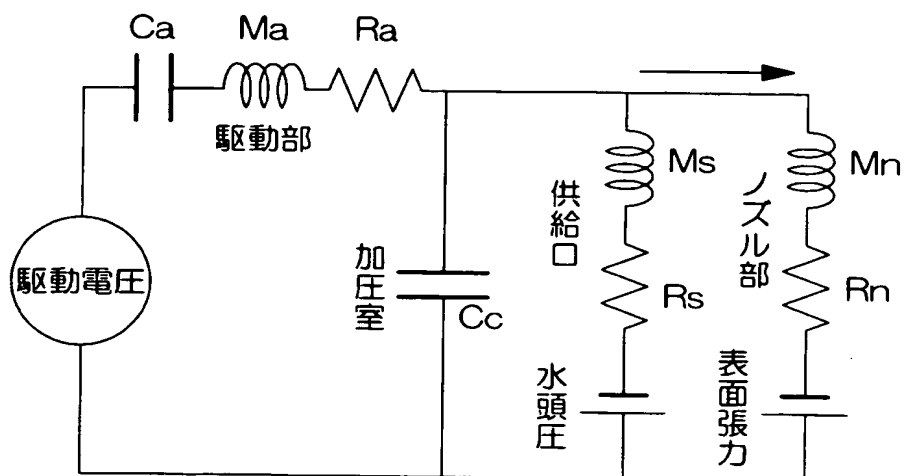
(a)



(b)

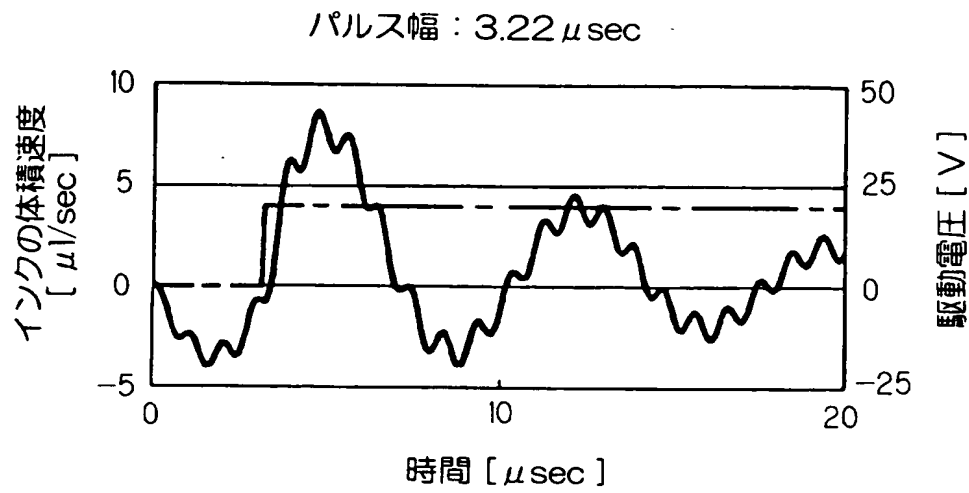


【図 5】

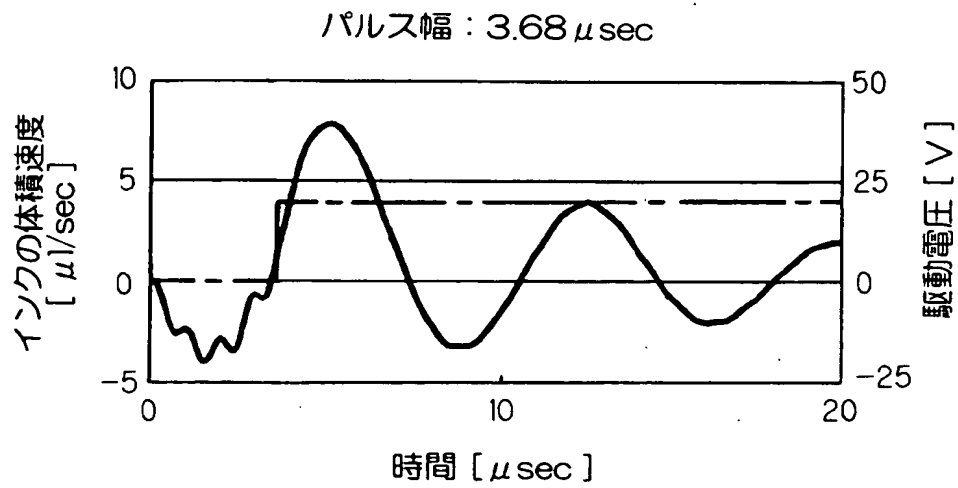


【図 6】

(a)



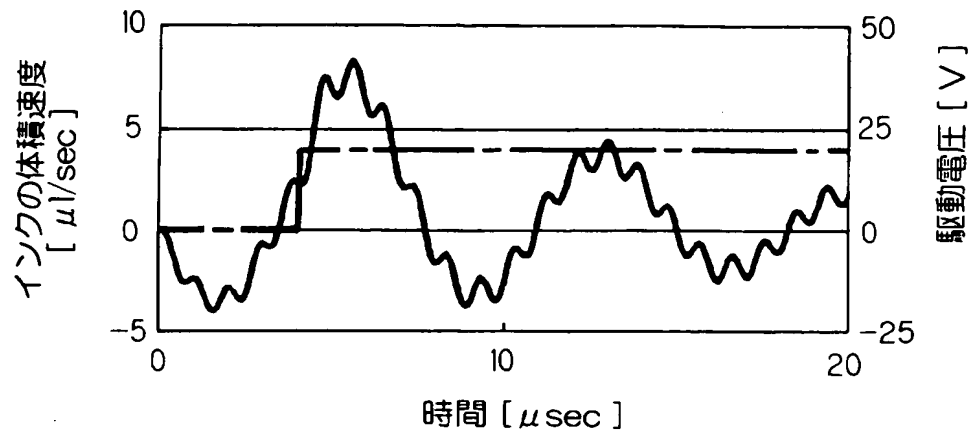
(b)



【図 7】

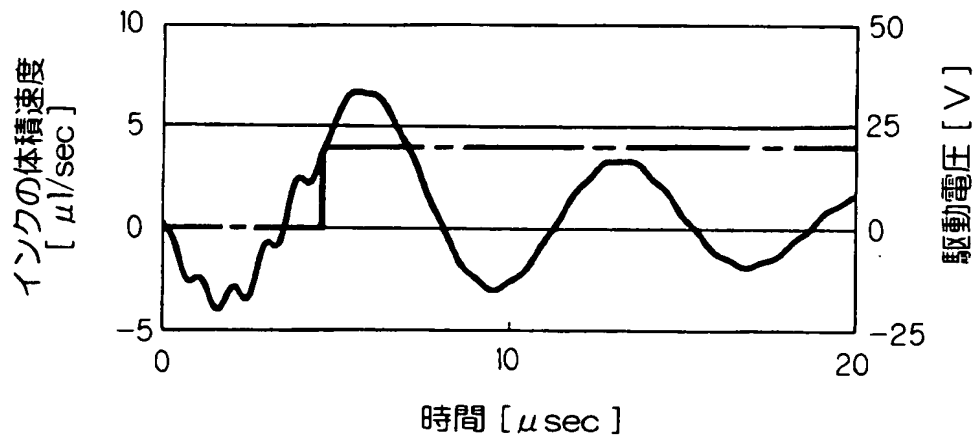
(a)

パルス幅: $4.14 \mu\text{sec}$

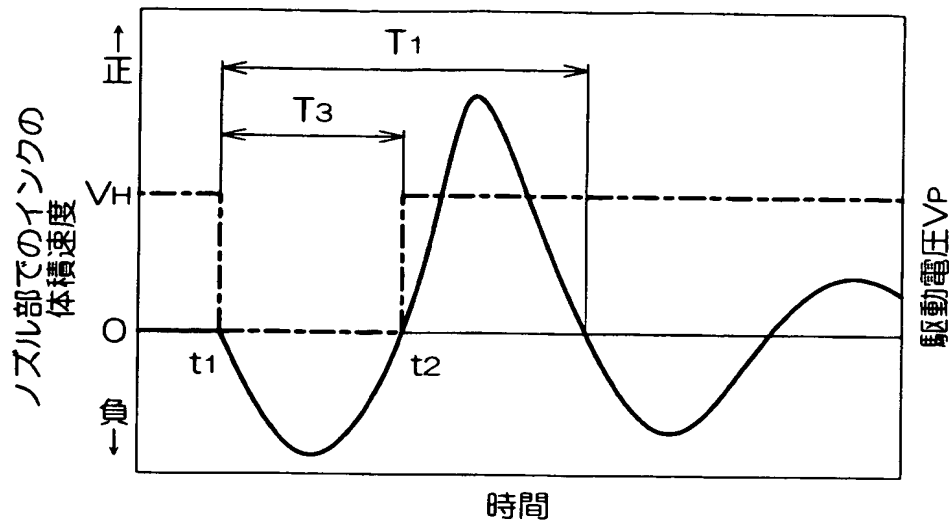


(b)

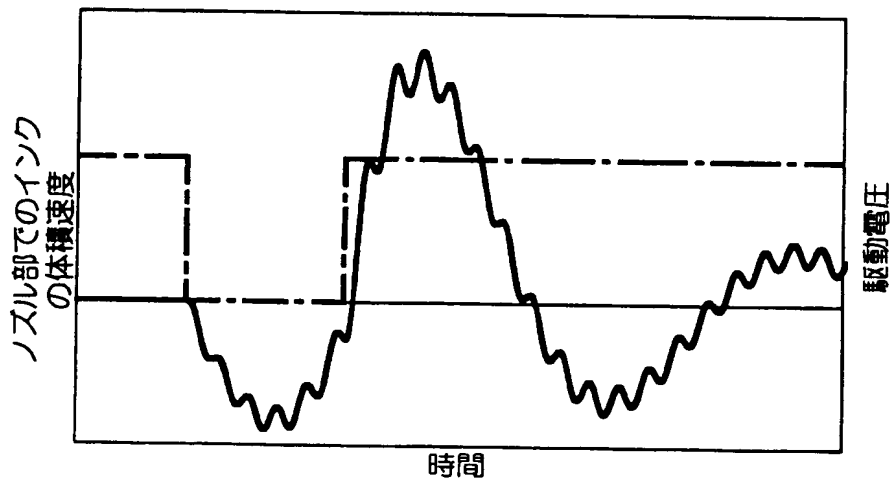
パルス幅: $4.60 \mu\text{sec}$



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 インク滴の飛翔速度の低下を抑制しつつ、駆動部の残留振動を確実に抑えることができる、新規な圧電インクジェットヘッドの駆動方法を提供する。

【解決手段】 待機時に、圧電素子に一定の駆動電圧を印加して加圧室の容積を減少させた状態を維持しておき、ドット形成直前に駆動電圧を放電して加圧室の容積を増加させて、ノズル部内のインクメニスカスを加圧室の側へ引き込んだ後、再び駆動電圧を充電して加圧室の容積を減少させてインク滴をノズル部から吐出させる引き打ち方式の駆動方法において、放電時の、駆動電圧の立ち下がりから、再充電時の、駆動電圧の立ち上がりまでのパルス幅 T_3 を、ヘッド内のインクの体積速度の振動波形に乗っている、駆動部の残留振動の周期 T_a の整数倍に設定する。

【選択図】 なし

特願 2 0 0 3 - 0 9 2 6 5 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 6 6 3 3]

1. 変更年月日 1 9 9 8 年 8 月 2 1 日

[変更理由] 住所変更

住 所 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地

氏 名 京セラ株式会社